STUDIO DI INGEGNERIA
ACUSTICA M. BRUGOLA

CONSULENZE DI ACUSTICA E VIBRAZIONI
INSONORIZZAZIONI
PERIZIE INDUSTRIALI E CIVILI

RELAZIONE TECNICA

VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

ai sensi di
LEGGE QUADRO n° 447 DEL 26/10/95
D.P.C.M. 5/12/97
LEGGE LOMBARDIA n° 13/01

Committente:
DATA 4 ITALY S.R.L.
Piazza Eleonora Duse, 2
20121 Milano

Oggetto d'indagine:
DATA CENTER – edificio DC 06
Via G. Marconi / Via Reiss Romoli
20010 Cornaredo (MI)

20851 LISSONE (MB) - Via Cavour, 14 - Tel +39.039.2459177 - P.IVA 00033190968
e-mail: marcello.brugola@brugola.eu – marcello.brugola@ingpec.eu - www.brugola.eu

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE 3
1.1. Prescrizioni e limiti normativi 3
1.2. Grandezze di riferimento 5
2. DEFINIZIONI TECNICHE E FORMULE IMPIEGATE 7
2.1. Potere fonoisolante apparente R' di pareti e solai (UNI EN 12354-1) 7
2.2. Livello di rumore di calpestio normalizzato L'_n (UNI EN 12354-2) 9
2.3. Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT}$ (UNI EN 12354-3) 11
2.4. Annotazioni 12
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO 13
4. ELEMENTI SOTTOPOSTI A LIMITI NORMATIVI 16
5. PARAMETRO $D_{2M,NT,W}$: FACCIATE 17
5.1. Elementi opachi 17
5.2. Elementi trasparenti 19
5.3. Trasmissione complessiva 20
6. PARAMETRI L_{ASMAX} E L_{AEQ}: IMPIANTI 21
6.1. Premessa 21
6.2. Scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria 21
9.4. Impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento 23
7. CONCLUSIONI 24

1. INTRODUZIONE

La presente relazione si riferisce alla valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi della zona ad uso uffici dell'edificio di nuova costruzione adibito a data center denominato "DC06" da realizzare in Via Reiss Romoli (area ex Italtel) a Settimo Milanese.

La valutazione è stata condotta seguendo quanto prescritto nella Legge N° 447/95 e nella L.R. N° 13/01.

1.1. Prescrizioni e limiti normativi

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, ed in particolare dalla Legge Quadro n. 447/95 e dal DPCM 5/12/97, al fine di contenere l'inquinamento acustico all'interno degli ambienti abitativi è necessario garantire il rispetto dei limiti fissati per i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti (DPCM 5/12/97, art. 1, comma 1).

Dove per inquinamento acustico ed ambiente abitativo, ci si riferisce a quanto definito nella citata Legge 26 ottobre 1995, n. 447, art. 2, comma 1, lettera a, b:

«a) inquinamento acustico: l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi;

b) ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane.»

Le definizioni di "componenti degli edifici" e "sorgenti sonore interne" sono riportate all'art. 2, comma 2, 3, 4 del citato DPCM 5/12/97.

Ai fini dell'applicazione del decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A di seguito riportata.

TABELLA A: CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (ART. 2)

Categoria A:	**Edifici adibiti a residenza o assimilabili.**
Categoria B:	**Edifici adibiti a uffici o assimilabili**
Categoria C:	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni o attività assimilabili.
Categoria D:	Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
Categoria E:	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.
Categoria F:	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili.
Categoria G:	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, il DPCM riporta nella tabella B i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

TABELLA B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categoria di cui alla tabella A	PARAMETRI				
	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw} (**)	L_{ASmax} (***)	L_{Aeq} (***)
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35 (****)
E	50	48	58	35	25
B, F, G	**50**	**42**	**55**	**35**	**35 (****)**

(*) valori riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

(**) il Ministero dell'Ambiente, con parere 25041 del 29/07/2014, ha chiarito che "i solai interni ad una stessa unità immobiliare non sono assoggettabili a limitazioni nei confronti del rispetto dell'Indice di valutazione del rumore di calpestio".

(***) Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

(****) Si osserva che la tabella B riporta il valore 35 dB(A), in contraddizione con la prescrizione precedente contenuta nel testo normativo (allegato A) in cui il valore di 25 dB(A) si applica a prescindere dalla categoria di edificio. Al fine di sanare tale contraddizione, sono stati formulati diversi pareri ministeriali, riassunti qui di seguito.

1. Ministero dell'Ambiente, circolare n° 880/SIAR/99 del 09.03.1999:

"Il valore di L_{Aeq} indicato in 25 dB(A) alla voce: "rumore prodotto dagli impianti tecnologici" dell'allegato A, viene poi indicato in maniera differenziata ai "requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici" della tabella B. Trattasi questo di mero lapsus calami di cui, più volte, è stata richiesta a codesto Ufficio una errata corrige da ufficializzare sulla G.U."

2. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, circolare n° 2763/307/21 del 16.02.2004:

"(…) si applicano i valori limite indicati nella tabella B. Per quanto riguarda l'allegato A, come già accennato, si rileva che esso, secondo la ratio della norma, dovrebbe contenere essenzialmente definizioni e metodi di calcolo, non ulteriori parametri di misura, né valori di limite di rumorosità; pertanto si ritiene che quanto riportato nell'ultimo paragrafo "Rumore prodotto dagli impianti tecnologici" si ritiene non possa essere applicato, sia perché contraddittorio sia perché reca un errore materiale".

"(…) Origine del rumore. Per i casi in questione, in coerenza con la ratio delle disposizioni del D.P.C.M. 5/12/1997, che è quella di ridurre l'esposizione umana al rumore, si ritiene che quest'ultimo debba essere misurato anche in ambienti dove ci sono sorgenti di rumore (ad esempio fan coils, diffusori d'aria, ecc.)".

3. Ministero dell'Ambiente, documento n° DVA-2010-0020117 del 13.08.2010:

"Domanda: Nelle abitazioni il requisito di rumorosità (L_{Aeq}) degli impianti a funzionamento continuo, stabilito dal D.P.C.M. 5/12/97, è 25 dB o 35 dB?

Risposta: Ai sensi dell'art. 2 del DPCM 5/12/97, le grandezze cui far riferimento nella determinazione del limite di rumorosità prodotta dagli impianti a funzionamento continuo o discontinuo sono definite nell'Allegato A, che costituisce parte integrante del Decreto. Come stabilito nel suindicato Allegato, per gli impianti a funzionamento continuo il limite previsto è pari a 25 dB(A) LAeq.

Domanda: Nelle abitazioni i requisiti di rumorosità (L_{Aeq}) degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo, stabiliti dal D.P.C.M. 5/12/97, si applicano anche ai locali adiacenti appartenenti alla stessa unità immobiliare?"

Risposta: Si ritiene che i criteri stabiliti dal D.P.C.M. 5/12/97 non si applicano ai locali adiacenti appartenenti alla stessa unità immobiliare in quanto le disposizioni dello stesso si intendono riferite a unità immobiliari differenti".

Si osserva che i succitati pareri ministeriali sono tra loro in contraddizione. In via cautelativa, in questa sede si considerano le indicazioni più restrittive, ossia:

- rumore prodotto con il concorso di elementi di impianto presenti all'interno dell'ambiente servito (ad es. rumore di fan coils, diffusori d'aria, ecc.):

  $L_{Aeq} \leq 30$ dB(A) per camere da letto e ambienti assimilabili (livello di riferimento suggerito dalla norma UNI 8199:1998)

  $L_{Aeq} \leq 40$ dB(A) per soggiorno e ambienti assimilabili (livello di riferimento suggerito dalla norma UNI 8199:1998)

- rumore prodotto senza il concorso di elementi di impianto presenti all'interno dell'ambiente servito (ad es. rumore di caldaia, canna fumaria, etc.):

  $L_{Aeq} \leq 25$ dB(A) (valore più restrittivo contenuto del DPCM 5/12/97)

1.2. Grandezze di riferimento

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

1. il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382:2012;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma UNI EN ISO 16283-1;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT}$ definito da:

   $D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log (T/T_o)$

   dove:

   $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ è la differenza di livello;

   $L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata;

   L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

$$L_2 = 10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}10^{\frac{L_i}{10}}\right)$$

   Le misure dei livelli L_i devono essere eseguite in numero di n per ciascuna banda di terzi di ottava. Il numero n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque;

T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in sec;

T_o è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5s;

4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato L_n definito dalla norma UNI EN ISO 16283-2;
5. L_{ASmax}: livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow;
6. L_{Aeq}: livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

a) indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti R'_w da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-1;

b) indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-1;

c) indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato $L_{n,w}$ da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-2.

2. DEFINIZIONI TECNICHE E FORMULE IMPIEGATE

La verifica della rispondenza delle prestazioni acustiche degli elementi costituenti l'intervento ai valori minimi prescritti dalla normativa, presuppone la loro determinazione nelle specifiche condizioni di utilizzo (in opera).

Quando la determinazione delle prestazioni acustiche si effettua in fase progettuale, come nel caso specifico, è possibile fare riferimento anche alla normativa per il calcolo teorico UNI EN 12354:2017 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti" e UNI/TR 11175 "Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale".

Quando la verifica acustica avviene in fase post operam si tratta di effettuare il collaudo in opera degli elementi costruttivi e degli impianti secondo le norme UNI EN ISO 16283 ed UNI EN ISO 717.

Nel seguito del presente capitolo, diamo una sintetica descrizione della metodologia di valutazione indicata dalle diverse sezioni della norma UNI EN 12354:2017.

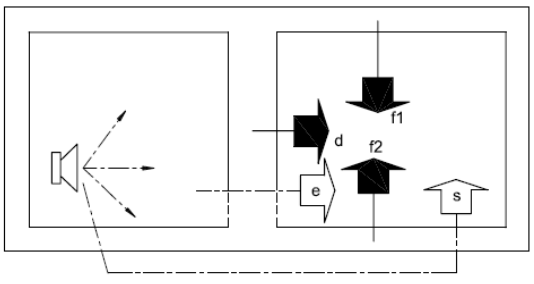
2.1. Potere fonoisolante apparente R' di pareti e solai (UNI EN 12354-1)

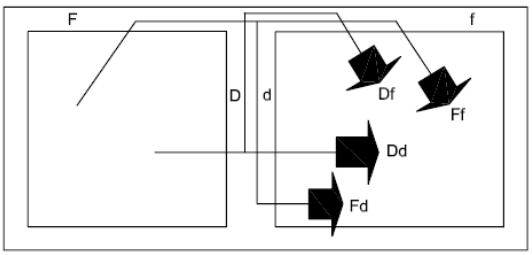
La potenza sonora nell'ambiente ricevente è dovuta al suono irradiato dai prodotti di separazione strutturali e dagli elementi strutturali laterali in quell'ambiente e dalla relativa trasmissione sonora diretta e indiretta per via aerea. Il fattore di trasmissione totale può essere suddiviso in fattori di trasmissione, in relazione con ogni elemento nell'ambiente ricevente e i prodotti e sistemi coinvolti nella trasmissione diretta e indiretta per via aerea:

$$R' = -10 Log(\tau')$$

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^{n} \tau_f + \sum_{e=1}^{m} \tau_e + \sum_{s=1}^{k} \tau_s$$

dove: i pedici "d", "f", "e" ed "s" si riferiscono ai diversi contributi alla trasmissione sonora illustrata in figura:





Contributi alla trasmissione sonora totale	Percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti

τ' è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora totale irradiata nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

τ_d è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata dalla parte in comune dell'elemento di separazione e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione. Comprende i percorsi Dd e Fd illustrati in figura;

τ_f è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata dall'elemento laterale f nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione. Comprende i percorsi Fd e Df illustrati in figura;

τ_e è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente da un elemento nell'elemento di separazione, dovuta alla trasmissione diretta per via aerea del rumore incidente su questo elemento, e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

τ_s è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente da un sistema s, dovuta alla trasmissione indiretta per via aerea del rumore incidente su questo sistema di trasmissione, e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

n è il numero degli elementi laterali;

m è il numero degli elementi con trasmissione diretta per via aerea;

k è il numero dei sistemi con trasmissione indiretta per via aerea.

Il suono irradiato da un elemento strutturale può essere considerato come la somma delle trasmissioni sonore per via strutturale attraverso diversi percorsi. Ogni percorso può essere identificato dall'elemento i su cui incide il suono nell'ambiente emittente e dall'elemento radiante j nell'ambiente ricevente.

Si può determinare la trasmissione per ognuno dei percorsi sulla base dei seguenti dati di Input:

- potere fonoisolante dell'elemento di separazione, dell'elemento i nell'ambiente emittente, dell'elemento j nell'ambiente ricevente;
- incremento del potere fonoisolante mediante strati addizionali per l'elemento di separazione, per l'elemento i e per l'elemento j, nell'ambiente emittente e/o nell'ambiente ricevente;
- tempo di riverberazione strutturale per un elemento in laboratorio;
- indice di riduzione delle vibrazioni per ogni percorso di trasmissione;
- area dell'elemento di separazione, dell'elemento i e dell'elemento j;
- lunghezza di accoppiamento tra l'elemento i e l'elemento j misurata da una superficie all'altra.

I dati acustici relativi all'elemento interessato dovrebbero essere ricavati in primo luogo da misurazioni normalizzate di laboratorio; tuttavia, in assenza di certificati di laboratorio, possono essere dedotti anche in altri modi: utilizzando calcoli teorici, valutazioni empiriche o risultati di collaudi in opera di elementi analoghi.

Ove i dati reperiti o già in nostro possesso non risultavano adatti, o in assenza totale degli stessi, per il calcolo teorico di previsione del potere fonoisolante R di pareti e solai si utilizza la legge di massa con le opportune correzioni dovute ai fenomeni di coincidenza e risonanza per pareti doppie.

LEGGE DI MASSA $R = 18 * log\left(M * f\right) - 44$

- M: massa areica in Kg/mq
- f: frequenze per bande di ottava

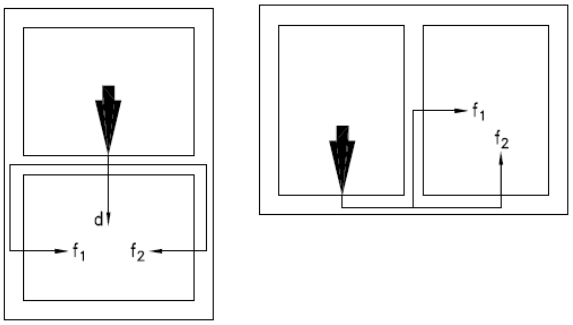
frequenza di risonanza $f_r = 60\sqrt{\frac{1}{d}\left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}\right)}$

frequenza di coincidenza $f_c = \frac{c^2}{\pi s}\sqrt{\frac{3\rho\left(1-\nu^2\right)}{E}}$

2.2. Livello di rumore di calpestio normalizzato L'$_n$ (UNI EN 12354-2)

La valutazione dell'isolamento acustico al calpestio tra ambienti sovrapposti, si basa su metodi teorici di valutazione della propagazione del suono negli elementi strutturali e sui dati rilevati che caratterizzano la trasmissione diretta o laterale indiretta degli elementi di edificio interessati.

La potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente è dovuta al suono irradiato da ciascun elemento strutturale in quell'ambiente. Il suono irradiato da ciascun elemento strutturale è causato dal suono trasmesso a tale elemento e dovuto a calpestio su un elemento strutturale posto nell'ambiente emittente.



Definizione delle diverse vie di trasmissione sonora tra due ambienti, rispettivamente sovrapposti e adiacenti

Per gli ambienti sovrapposti, il livello totale della pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'n, nell'ambiente ricevente è determinato mediante:

$$L'_n = 10Log\left(10^{L_{n,d}/10} + \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,ij}/10}\right)$$

dove:

$L_{n,d}$ è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione diretta, in decibel;

$L_{n,ij}$ è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale, in decibel;

n è il numero degli elementi.

Per gli ambienti adiacenti il livello totale di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'n, nell'ambiente ricevente è determinato mediante:

$$L'_n = 10Log\left(\sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,ij}/10}\right)$$

Si può determinare la trasmissione per ognuno dei percorsi sulla base dei seguenti dati di Input:

- livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del pavimento: L_n;
- attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto al rivestimento di pavimentazione;
- attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto a rivestimenti supplementari sul lato ricevente dell'elemento "i" divisorio (pavimento);
- potere fonoisolante dell'elemento eccitato (pavimento);
- potere fonoisolante per trasmissione diretta dell'elemento laterale "j" nell'ambiente ricevente;
- incremento del poter fonoisolante dovuto ai rivestimenti interni dell'elemento laterale "j" nell'ambiente ricevente;
- tempo di riverberazione strutturale di un elemento in laboratorio;
- indice di riduzione delle vibrazioni per ciascuna via di trasmissione tra l'elemento i(pavimento) e l'elemento "j";
- area dell'elemento divisorio (pavimento) e dell'elemento laterale "j" nell'ambiente ricevente;
- lunghezza del giunto tra l'elemento i (pavimento) e l'elemento laterale "j".

Ove i dati reperiti o già in nostro possesso non risultavano adatti, o in assenza totale degli stessi, per il calcolo teorico dell'indice di calpestio posso essere utilizzate le formule che seguono:

Solai in laterocemento o predalles

$$L'_{nw} = 164 - 35 \log m' - \Delta L_w + K$$

dove:

- m' è la massa superficiale del solaio escluso il pavimento.
- ΔL_w è l'attenuazione del calpestio caratteristica dello stato di separazione.
- K è il termine correttivo per flanking transmission e per la presenza di rivestimento rigido del pavimento

Solai gettati in CA:

$L'_{nw} = 155 - 30 \log m' - \Delta L_w + K$

Dove:

- m' è la massa superficiale del solaio escluso il pavimento.
- ΔL_w è l'attenuazione del calpestio caratteristica dello stato di separazione.
- K è il termine correttivo per flanking transmission e per la presenza di rivestimento rigido del pavimento

Per il calcolo di ΔLw, ove non siano disponibili certificati di laboratorio attendibili, si utilizza la seguente formula:

$$\Delta L_w = 15 Log\left(\frac{m'}{s'}\right) + 18$$

Dove:

- m' è la massa superficiale degli strati sovrastanti il materiale elastomerico escluso il pavimento.
- s' è la rigidità dinamica reale dello strato di separazione.

2.3. Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT}$ (UNI EN 12354-3)

La presente norma definisce un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico o la differenza di livello di pressione sonora di una facciata di un edificio. Il calcolo è basato sul potere fonoisolante dei diversi elementi che costituiscono la facciata e considera la trasmissione diretta e laterale.

La definizione di facciata considera la totalità della superficie esterna di un ambiente, compresi tutti gli elementi differenti che la compongono, quali finestre, porte, pareti, tetto, sistemi di aerazione. La trasmissione sonora attraverso la facciata è dovuta alla trasmissione sonora di ciascuno di tali elementi.

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante di tale facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma esterna della facciata, come la presenza di balconi, e dalle dimensioni degli ambienti.

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 Log \frac{V}{6 T_0 S}$$

dove:

R' è il potere fonoisolante apparente della facciata, calcolato sommando la potenza sonora trasmessa in modo diretto da ciascuno degli elementi e la potenza sonora trasmessa mediante la trasmissione laterale.

$R' = -10 Log\left(\sum_{i=1}^{n} \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^{m} \tau_f\right)$	τ_{ie} è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento i di facciata, dovuto alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sull'intera

	facciata;
	τ_f è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da una facciata o da un elemento laterale f nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;
	n è il numero di elementi della facciata per la trasmissione diretta;
	m è il numero degli elementi laterali della facciata.

V è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

S è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadri;

ΔLfs è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in decibel.

2.4. Annotazioni

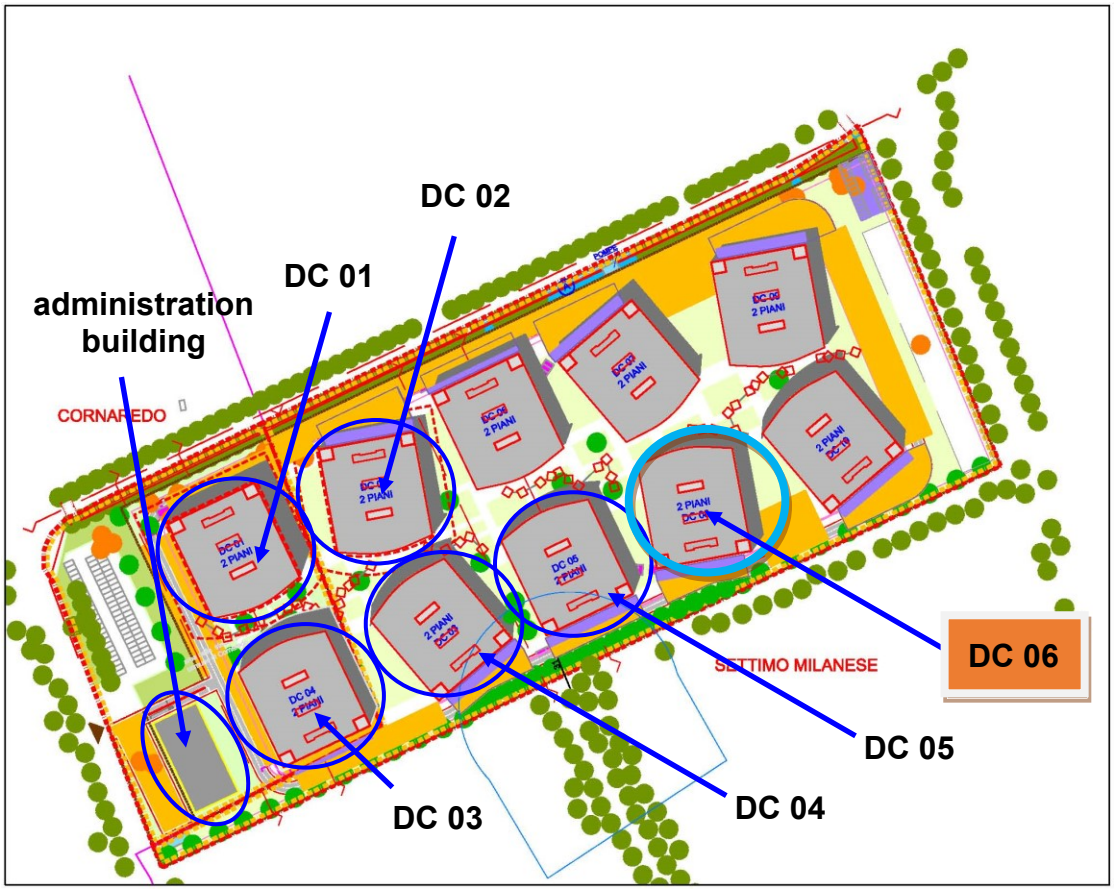
Per la descrizione completa della metodologia di determinazione di tutti i parametri si rimanda ai modelli di calcolo descritti nelle citate norme UNI EN 12354-1/2/3:2017; nel seguito saranno riportati i risultati dei calcoli effettuati e le eventuali ipotesi progettuali assunte per giungere al risultato finale.

Si sottolinea inoltre quanto riportato al capitolo "Accuratezza" delle norme UNI EN 12354-1/2/3:2017:

> *"I modelli di calcolo prevedono le prestazioni di edifici misurate, presupponendo una buona mano d'opera ed un'elevata accuratezza delle misurazioni. L'accuratezza della previsione tramite i modelli presentati dipende da molti fattori: l'accuratezza dei dati di ingresso, l'adattabilità della situazione al modello, il tipo di prodotti e giunti implicati, la geometria della situazione e la mano d'opera. Non è pertanto possibile specificare l'accuratezza delle previsioni in generale per tutti i tipi di situazioni ed applicazioni."*

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'edificio in esame ("DC 06") è inserito all'interno di una più ampia area di intervento, estesa su 75.000 mq ca., ad uso Data Center, illustrata nella planimetria seguente. In particolare, sono già stati autorizzati e realizzati gli edifici "DC 01", "DC 02", "DC 03", "DC 04" e "DC 05" (ciascuno dei quali ospita locali server, locali elettrici, locali tecnici e di servizio) e una palazzina uffici.



L'edificio in progetto è costituito da un corpo principale (dimensioni 46.6x63.9 m in pianta, sviluppato su uno-due livelli fuori terra fino a 12 metri sopra il piano campagna) e un locale gruppi elettrogeni annesso (dimensioni 12.6x17.5 m in pianta, sviluppato su un livello fuori terra fino a 8 metri sopra il piano campagna).

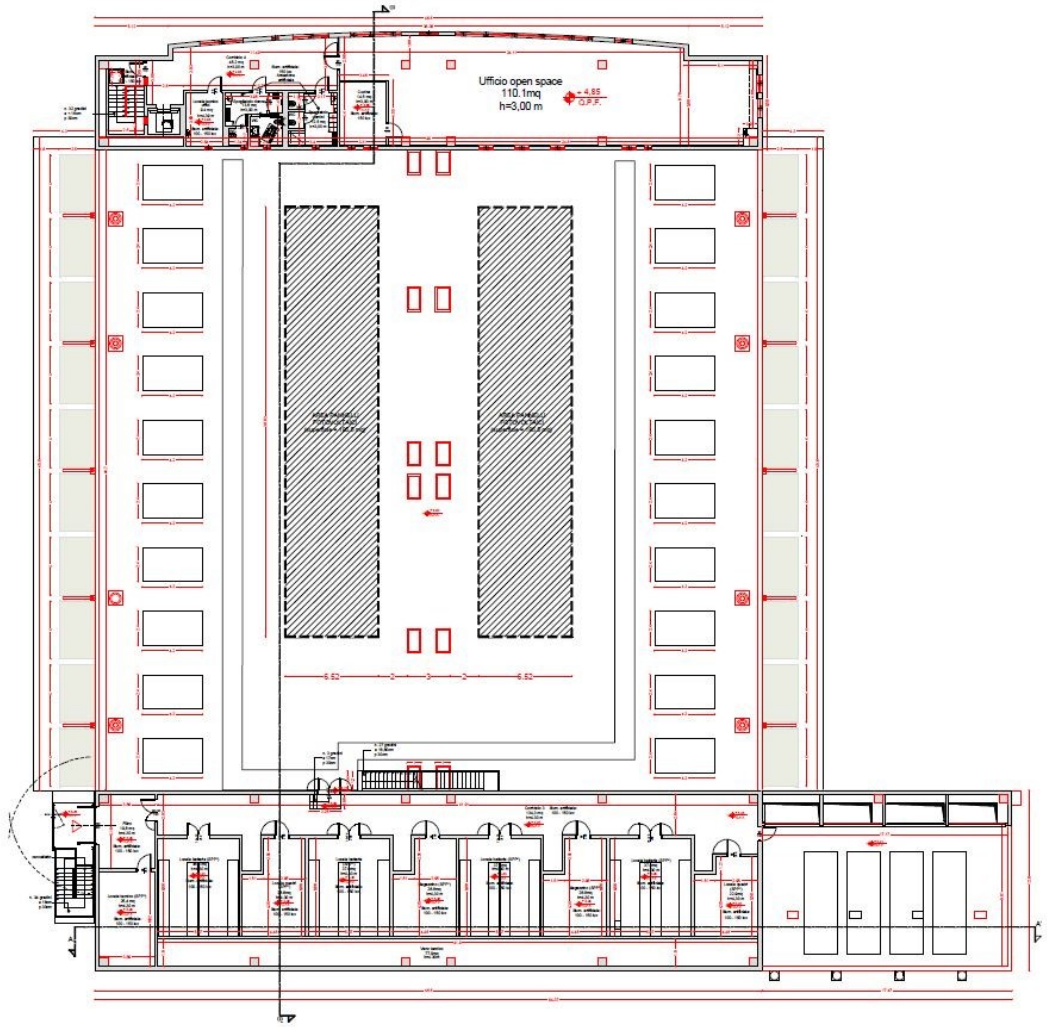
Il corpo principale di ogni edificio comprende n° 2 sale per server (complessivamente 2000 mq), uffici (ca. 110 mq) e locali accessori (loc. trasformatori, loc. batterie, loc. acqua, loc. quadri elettrici, loc. inverter, depositi, filtri, etc.);

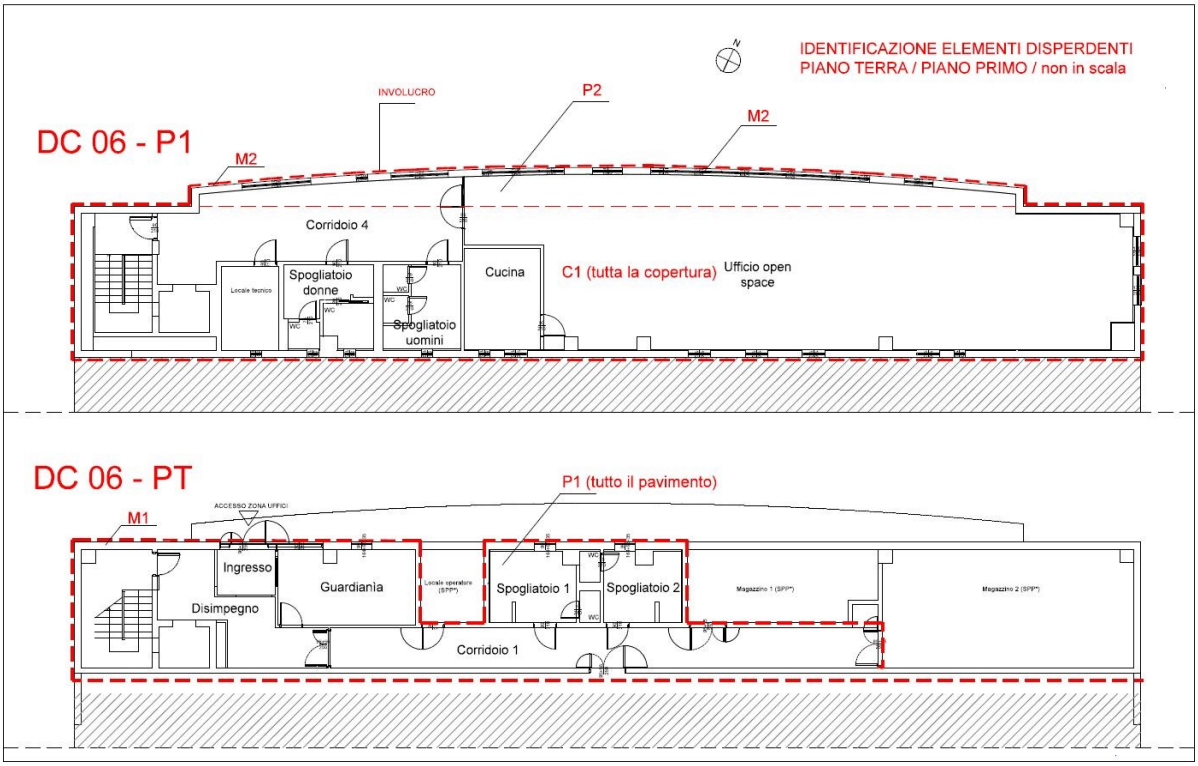
Nell'intorno dell'area non sono previsti parcheggi, altri manufatti o impianti pertinenziali.

La relazione tecnica dei requisiti acustici passivi previsionale si è resa necessaria per verificare l'isolamento acustico della zona uffici presente all'interno dell'edificio.

Seguono la pianta del primo piano dell'edificio in esame con indicata la posizione della zona dedicata ad uffici.

Stato di progetto – piano primo




IDENTIFICAZIONE ELEMENTI DISPERDENTI
PIANO TERRA / PIANO PRIMO / non in scala
DC 06 - P1
INVOLUCRO
P2
M2
M2
Corridoio 4
Spogliatoio donne
Spogliatoio uomini
Cucina
C1 (tutta la copertura)
Ufficio open space
DC 06 - PT
P1 (tutto il pavimento)
M1
Ingresso
Disimpegno
Guardianìa
Spogliatoio 1
Spogliatoio 2
Corridoio 1

4. ELEMENTI SOTTOPOSTI A LIMITI NORMATIVI

Il DPCM 5/12/97 stabilisce i requisiti acustici passivi a tutela degli ambienti abitativi, come definiti nella Legge 26 ottobre 1995, n. 447, art. 2, comma 1, lettera b: "*ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane*".

Ai sensi della norma UNI 11367:2010 sono esclusi dalle valutazioni, in quanto non verificabili acusticamente, gli ambienti accessori o di servizio così definiti:

"*ambiente accessorio o di servizio: porzione di unità immobiliare (se di utilizzo individuale) o di sistema edilizio (se di utilizzo comune o collettivo) con funzione diversa da quella abitativa ovvero non destinato allo svolgimento di attività e funzioni caratterizzanti la destinazione d'uso. Sono ambienti accessori gli spazi completamente o parzialmente delimitati destinati al collegamento degli ambienti abitativi ed alla distribuzione orizzontale e verticale all'interno del sistema edilizio, nonché gli spazi destinati a deposito, immagazzinamento e rimessaggio. Sono ambienti di servizio gli spazi completamente delimitati destinati ad ospitare elementi tecnici connessi con il sistema edilizio (per esempio vani ascensore, vani scala, ecc) e quelli specializzati a fornire servizi richiesti da particolari attività degli utenti, quali i servizi igienici, i locali tecnici degli edifici, i ripostigli anche interni all'unità abitativa, ecc*".

Nel caso in esame, gli elementi tecnici di cui deve essere verificata la rispondenza ai requisiti acustici passivi sono quelli adibiti ad uso ufficio. Dunque, gli elementi che verranno studiati per verificare le rispondenze ai requisiti acustici passivi stabiliti dal DPCM 5/12/97 sono i seguenti:

- facciate (indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$);
- coperture (indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$);
- impianti tecnologici (parametri L_{ASmax} e L_{Aeq}).

Di seguito riportiamo le prescrizioni normative da rispettare per gli elementi tecnici sopraelencati in relazione alle differenti destinazioni d'uso degli ambienti di progetto.

CATEGORIE	**PARAMETRI**				
	R'_w (*)	**$D_{2m,nT,w}$**	**L'_{nw} (**)**	**L_{ASmax} (***)**	**L_{Aeq}**
A (Residenze)	≥50	≥40	≤63	≤35	≤25
B (Uffici)	**≥50**	**≥42**	**≤55**	**≤35**	**≤25**
G (Attività Commerciali)	≥50	≥42	≤55	≤35	≤25

(*) valori riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

(**) il Ministero dell'Ambiente, con parere 25041 del 29/07/2014, ha chiarito che "i solai interni ad una stessa unità immobiliare non sono assoggettabili a limitazioni nei confronti del rispetto dell'Indice di valutazione del rumore di calpestio".

(***) Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

5. PARAMETRO $D_{2M,NT,W}$: FACCIATE

Il raggiungimento delle prestazioni stabilite dal DPCM 5.12.97 dipende dalla tipologia del sistema di facciata e dai dettagli costruttivi di interfaccia tra i diversi elementi di facciata e verso gli altri elementi tecnici dell'organismo edilizio (solai, copertura, etc.).

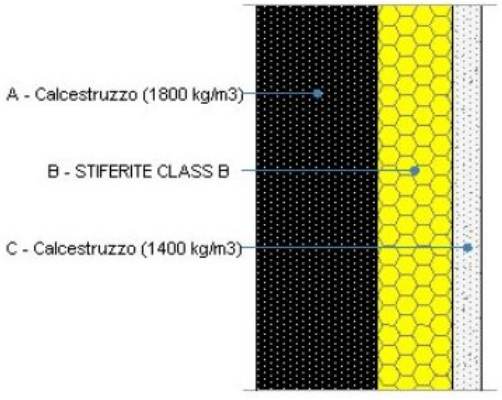
Per poter verificare le prestazioni acustiche fornite dalle facciate, è necessario conoscere il potere fonoisolante e la superficie caratteristica di ogni elemento tecnico che compete la chiusura. Nella fattispecie gli elementi indagati sono:

- elementi opachi;
- elementi trasparenti;
- fori di aerazione (ove presenti).

5.1. Elementi opachi

La stratigrafia dello stato di progetto della parete perimetrale di facciata del piano terra è la seguente:

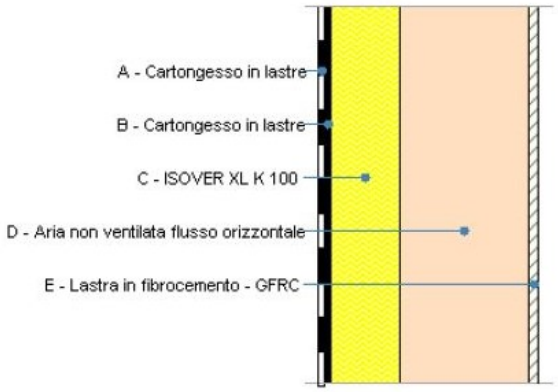
Strato	*Densità (kg/mc)*	*Spessore (mm)*
Calcestruzzo	1800	160
Stiferite class b	35	100
Calcestruzzo	1400	40
TOT	-	300



Il potere fonoisolante di questa partizione risulta essere pari a R_w = 54 dB

La stratigrafia dello stato di progetto della parete perimetrale di facciata del piano primo è la seguente:

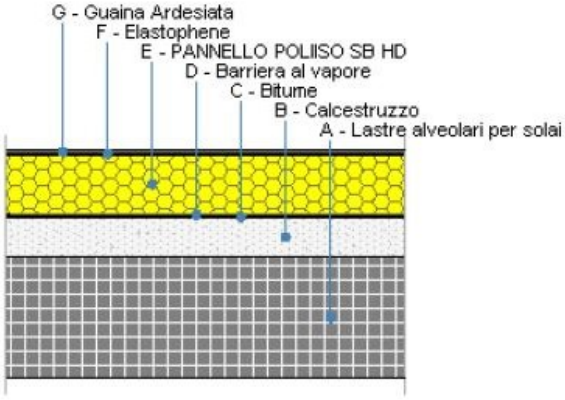
Strato	*Densità (kg/mc)*	*Spessore (mm)*
N° 2 lastre di cartongesso	900	12.5
Isover xl k 100	35	140
Aria	-	265
Lastra in fibrocemento	1000	20
TOT	-	450


A - Cartongesso in lastre
B - Cartongesso in lastre
C - ISOVER XL K 100
D - Aria non ventilata flusso orizzontale
E - Lastra in fibrocemento - GFRC

Il potere fonoisolante di questa partizione risulta essere teoricamente pari a R_w = 67 dB.

La stratigrafia dello stato di progetto della copertura posta sopra la zona ufficio è la seguente:

Strato	*Densità (kg/mc)*	*Spessore (mm)*
Lastre alveolari	1000	250
calcestruzzo	1200	80
Bitume	1200	4
Barriera al vapore	360	4
Pannello poliiso sb hd	36	120
elastophene	1200	4
Guaina ardesiata	1000	4
TOT	-	466


G - Guaina Ardesiata
F - Elastophene
E - PANNELLO POLIISO SB HD
D - Barriera al vapore
C - Bitume
B - Calcestruzzo
A - Lastre alveolari per solai

Il potere fonoisolante di questa partizione, calcolato con la legge di massa, risulta essere teoricamente pari a $R_w \geq 50$ dB.

5.2. Elementi trasparenti

Al fine di conseguire la prestazione minima di isolamento acustico stabilita dal DPCM 5.12.97, i serramenti presenti in facciata relativa alla zona adibita ad uffici dovranno essere caratterizzati da Rw > 40 dB.

Sono stati previsti dei vetri 44.1-16 argon 44.1 per raggiungere l'isolamento in grado da rispettare i limiti normativi.

Singole differenze tra l'infisso da posare e l'infisso certificato (ad esempio in relazione alle dimensioni dell'infisso, alla tipologia di incernieramento, meccanismo di apertura, guarnizioni, coibentazioni, etc…) possono determinare rilevanti differenze nel valore di R_w. In particolare, per quanto riguarda le dimensioni dell'infisso la norma UNI EN ISO 14351-1:2010 specifica le seguenti regole di estrapolazione:

- dal -100% al +50% dell'area dell'infisso certificato: $R_w = R_w$ dell'infisso certificato
- dal +50% al +100% dell'area dell'infisso certificato: $R_w = R_w$ dell'infisso certificato – 1 dB
- dal +100% al +150% dell'area dell'infisso certificato: $R_w = R_w$ dell'infisso certificato – 2 dB
- >+150% dell'area dell'infisso certificato: $R_w = R_w$ dell'infisso certificato – 3 dB

5.3. Trasmissione complessiva

Segue la tabella indicante i seguenti dati, calcolati in base ai valori di potere fonoisolante R:

- **corr**: correttivo per la conversione dal valore di R' al valore di $D_{2m,nT}$, in funzione della forma della facciata e del rapporto tra volume e superficie di facciata, ai sensi della norma UNI EN 12354-3, espresso in dB.
- **$D_{2m,nT}$**: valori per bande di 1/3 di ottava dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, espressi in dB.
- **$D_{2m,nT,w}$**: indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, espresso in dB.

N.B. Si considera che:

- i singoli elementi di facciata siano installati a regola d'arte, senza comportare perdite prestazionali dovute alle modalità di posa;
- il contributo della trasmissione laterale è trascurabile, in quanto sono assenti connessioni rigide tra la facciata (in particolare l'elemento acusticamente più debole, ossia il serramento o il foro di aerazione) ed altri elementi all'interno dell'ambiente ricevente
- In caso di presa d'aria, deve essere inserito un silenziatore avente un valore di Dne,w almeno di 50 dB

Seguono tabelle relative al calcolo del potere di isolamento delle facciate analizzate:

		Sup. facciata	Sup. Vetrata	Sup. muratura	Rw serramento	Rw muratura	K coeff. di trasmissione laterale di facciata	R'w tot	Corr forma facciata [ΔLfs]	Corr volume/ superficie	D2m,nT,w	Sup. pavimento	V
		m²	m²	m²	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	mq	mc
PIANO TERRA GUARDIANIA	Facciata esterna	18,1	7,63	10,46	40	54	-2	41,5	0,0	0,43	42,0	19,99	59,9772
PIANO PRIMO UFFICI	Facciata esterna	108,5	30,33	78,15	40	67	-2	43,5	0,0	0,06	43,6	110,10	330,3
PIANO PRIMO UFFICI	Copertura	110,1	0,00	110,10	0	50	0	50,0	0,0	0,00	50,0	110,10	330,3

Da quanto riportato risulta che per gli ambienti soggetti a verifica, adibiti ad uso ufficio, è atteso il rispetto del limite normativo:

$D_{2m,nT,w} \geq 42$ dB (Ambienti ad uso ufficio)

6. PARAMETRI L_{ASMAX} E L_{AEQ}: IMPIANTI

6.1. Premessa

Il comportamento di una struttura alloggiante impianti è difficilmente prevedibile con certezza, a causa della concorsualità di molteplici meccanismi di generazione e di percorsi di trasmissione, dei diversi regimi di funzionamento, del deperimento dei materiali e dei componenti meccanici nel tempo.

Occorre innanzitutto riconoscere che l'interazione degli impianti tecnologici, oltre ad essere causa di rumore, poiché trasforma la struttura in sorgente, altera anche le sue prestazioni fonoisolanti.

La ditta realizzatrice degli impianti dovrà perciò utilizzare tutti gli accorgimenti tecnici necessari ad evitare trasmissioni meccaniche dovute al funzionamento degli impianti, nonché a compensare con idonei accorgimenti l'eventuale riduzione di isolamento acustico dei componenti edilizi conseguente alla realizzazione di fori, scassi, ancoraggi, etc.

Seguono indicazioni relative agli accorgimenti da prendere in opera (a prescindere dalla corretta progettazione degli impianti in funzione del regime cui sono sottoposti), anche al fine di non decrementare le prestazioni degli altri sottosistemi.

Esula dallo scopo del presente documento il calcolo dettagliato dei livelli di rumore attesi, in quanto tale calcolo richiede l'acquisizione di una molteplicità di dati relativi a tutte le variabili che concorrono al risultato, fortemente dipendenti dalle scelte che il singolo appaltatore potrà e dovrà adottare. In questa sede vengono esposte alcune valutazioni e raccomandazioni di carattere generale, alla cui ottemperanza è subordinato il conseguimento di un risultato conforme ai limiti normativi.

6.2. Scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria

Il primo indirizzo da seguire è quello di privilegiare forniture di componenti tecnologici adeguatamente progettati e certificati anche dal punto di vista acustico.

Le parti di tubazione annegate nei getti devono essere rivestite con un materiale elastomerico a bassa densità di spessore minimo 10 mm.

Per le tubazioni degli scarichi, si devono utilizzare collari di fissaggio dei tubi alle pareti provvisti di fascette antivibranti (ad es. in neoprene a bassa densità di spessore minimo di mm. 5) meglio se montate all'esterno del rivestimento di fasciatura degli scarichi stessi.

Le tubazioni dei condotti idrici di adduzione o di scarico devono essere coibentate con materiale elastomero espanso realizzato per estrusione e vulcanizzazione di gomma sintetica nitrilica, con spessori progressivi e struttura a celle chiuse.

Di seguito vengono riportate delle immagini a titolo di esempio inerenti alla fasciatura delle tubazioni.

20851 LISSONE (MB) - Via Cavour, 14 - Tel +39.039.2459177 - P.IVA 00033190968
e-mail: marcello.brugola@brugola.eu – marcello.brugola@ingpec.eu - www.brugola.eu

Fondamentale è la realizzazione “in misura” di intercapedini e vani di alloggiamento di ogni componente impiantistico: la limitazione della breccia mantiene maggior massa nella parete.

Non devono essere creati ponti meccanici di nessun tipo tra le tubature e le parti in cls e le tubazioni non devono essere annegate nel cls senza adeguata fasciatura neppure se i tubi sono di tipo silenziato.

La ditta esecutrice dovrà fornire certificazione del rispetto dei parametri acustici minimi imposti dalla legge.

9.4. Impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento

Per ciascuna unità edilizia, il progetto prevede l’installazione di un impianto termico per il riscaldamento/raffrescamento degli ambienti e produzione di acqua calda sanitaria.

Per la distribuzione del vettore termico primario (raffrescamento/riscaldamento) è previsto una sistema di distribuzione a tutta aria

I principali aspetti da controllare per conseguire il rispetto del limite normativo sono i seguenti.

- *Disaccoppiamento meccanico degli impianti dalle strutture edilizie*

Le macchine che possono trasmettere vibrazioni vanno installate su appositi sistemi antivibranti che, ove progettati e realizzati a regola d’arte, consentono di isolare le strutture edilizie dalle principali sollecitazioni meccaniche prodotte dalle macchine. In particolare, la tipologia e la distribuzione dei sistemi antivibranti dovranno essere definite in funzione dei carichi statici e dinamici, dell’ubicazione dei carichi e delle frequenze di eccitazione attese, al fine di ottenere un elevato isolamento percentuale (≥ 90 %).

Anche le macchine secondarie dovranno essere accuratamente isolate al fine di evitare la trasmissione di vibrazioni alle strutture.

La connessione tra le macchine e le canalizzazioni (aspirazione aria esterna, mandata, ripresa, espulsione, by-pass) dovrà essere realizzata mediante idonei giunti antivibranti.

Le canalizzazioni non dovranno essere in contatto rigido con le strutture edilizie: in particolare, gli ancoraggi dovranno essere realizzati mediante idonei supporti antivibranti.

- *Isolamento acustico delle macchine, dei condotti, dei locali tecnici e dei cavedi*

Gli organi rumorosi delle macchine (compressori, ventilatori, etc.) dovranno essere segregati in idonee cappottature fonoisolanti (ad es. pannellature rivestite con lastre composite formate da più strati di diverso materiale fonoassorbente, antirombo e del tipo bugnato a più strati con interposta lamina di piombo). I livelli di potenza sonora (o livelli di pressione sonora a distanze e condizioni di campo acustico specificate) delle macchine dovranno essere certificati dal produttore, secondo le norme ISO 9614 e/o ISO 3744.

L’impianto, una volta messo in funzione e correttamente tarato dal punto di vista delle portate, deve rispettare il valore di norma pari a L_{aeq} ≤35 dB(A) all’interno della sola zona uffici.

7. CONCLUSIONI

Sulla base dei dati di progetto, delle migliori tecnologie disponibili, dei calcoli, delle prescrizioni prestazionali e delle indicazioni riportate nel presente documento, le soluzioni architettoniche e impiantistiche indicate per l'edificio in esame sono in grado di rispettare i limiti fissati dal DPCM 5/12/97.

Resta ferma la necessità di osservare le prescrizioni illustrate nel presente documento, nonché di definire gli opportuni dettagli costruttivi e di costruire a regola d'arte. In particolare:

- vanno evitate soluzioni progettuali e/o costruttive in grado di ridurre le prestazioni acustiche dei componenti edilizi rispetto alle prestazioni determinate in sede previsionale nel presente documento;
- è necessario richiedere agli appaltatori le certificazioni riguardanti le prestazioni in opera degli elementi che concorrono a determinare i requisiti acustici passivi dell'edificio;
- vanno evitati materiali con prestazioni acustiche inferiori rispetto a quelle considerate nel presente documento (considerando anche il fatto che esistono in commercio prodotti privi di certificazione o certificati secondo modalità non conformi alle norme tecniche di settore);
- eventuali modifiche (sconsigliate) dei materiali suggeriti andranno approvati dalla DL dietro approvazione di un consulente acustico.

Lissone, 22/09/2020

Il tecnico competente

Dott. Ing. Marcello Brugola